



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 102 15 167 C 1

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 25 J 13/00**  
G 05 D 3/00  
G 05 D 27/02  
B 25 J 9/16

⑦① Aktenzeichen: 102 15 167.9-15  
⑦② Anmeldetag: 5. 4. 2002  
④③ Offenlegungstag: -  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 18. 6. 2003

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

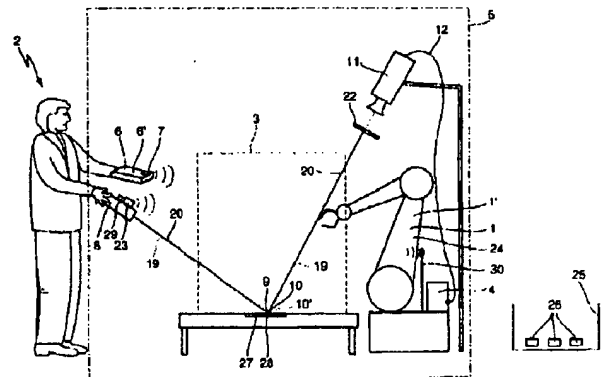
⑦③ Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Horstmann, Sven, Dipl.-Ing., 12163 Berlin, DE;  
Kristensen, Steen, Dr.-Ing., 12163 Berlin, DE; Priem,  
Christopher, 10435 Berlin, DE; Stopp, Andreas,  
Dr.-Ing., 15366 Neuenhagen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
"Integrating a Multimodal Human-Robot  
Interaction  
Method Into a Multi-Robot Control Station" (IEEE  
International Workshop on Robot and Human  
Interact  
ive Communication, 2001 IEEE, S.468-475)  
US 2002/0011367 A1;

⑤④ Anordnung und Laserpointer zur Kommandierung eines semiautonen Systems

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Anordnung (5) zur Komman-  
dierung eines semiautonen Systems (1) in einem Ar-  
beitsfeld (3). Die Anordnung (5) umfaßt eine Kamera (11)  
zur Überwachung des Arbeitsfelds (3) und einen von ei-  
nem Bediener (2) handgehaltenen Laserpointer (8) zur  
Markierung von Objektpunkten (9) im Arbeitsfeld (3). Um  
- auch bei hellem Umgebungslicht - eine gute Erkennbar-  
keit der durch den Laserpointer (8) markierten Objekt-  
punkte (9) durch die Kamera (11) sicherzustellen, ist der  
Laserpointer (8) erfindungsgemäß so gestaltet, daß er  
Strahlung auf mindestens zwei unterschiedlichen Ab-  
strahlungsfrequenzen abstrahlt, und die Kamera (11) ist mit ei-  
nem Filter (22) versehen, das für mindestens eine der Ab-  
strahlungsfrequenzen des Laserpointers (8) durchlässig ist,  
das Umgebungslicht jedoch unterdrückt.



DE 102 15 167 C 1

DE 102 15 167 C 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Kommandierung eines semiautonomen Systems nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie sie beispielsweise aus der Veröffentlichung "Integrating a Multimodal Human-Robot Interaction Method Into a Multi-Robot Control Station" (IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2001 IEEE) als bekannt hervorgeht. Die Erfindung betrifft weiterhin einen Laserpointer zur Kommandierung eines semiautonomen Systems.

[0002] Bei Arbeiten in gefährlicher oder gesundheitsschädlicher Umgebung werden vielfach semiautonome Systeme (z. B. ferngesteuerte mobile Roboter) eingesetzt, welche bedienergeführt bestimmte Aufgaben ausführen. Die Führung eines solchen semiautonomen Systems kann einerseits mit Hilfe eines Arbeitsprogramms erfolgen, das in einer Kontrollstation erstellt wird und dessen Abarbeitung durch den Roboter mit Hilfe der Kontrollstation überwacht wird. Andererseits besteht oft – insbesondere bei Arbeiten in einem komplexen Arbeitsumfeld – das Interesse, die vollautomatische Führung des Roboters zu ersetzen bzw. zu ergänzen durch eine interaktive Steuerung, mit Hilfe derer ein Bediener den Roboter interaktiv durch ein Arbeitsumfeld führt und bei der Bearbeitung der auszuführenden Aufgaben instruiert. Dies hat den Vorteil, daß der Bediener die durch die Kontrollstation einprogrammierten Handlungen durch seine persönliche Umfeldinterpretation variieren und/oder ergänzen kann. So kann der Bediener beispielsweise bei Aufgaben komplexer Objek- und Hinderniserkennung, bei Entscheidungen oder bei Kontrollaufgaben interaktiv auf den Roboter einwirken, so daß der Roboter die Rolle eines intelligenten Assistenten des Bedieners übernimmt. Hierfür ist eine Gesamtanordnung vonnöten, die eine schnelle und fehlerfreie Interaktion zwischen dem Bediener und dem Roboter ermöglicht. Ein Beispiel einer solchen Gesamtanordnung zur interaktiven Kommandierung eines Roboters ist in der Veröffentlichung "Integrating a Multimodal Human-Robot Interaction Method Into a Multi-Robot Control Station" (IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2001 IEEE, Seiten 468–472) beschrieben: Hierbei kommt ein Laserpointer zum Einsatz, mit Hilfe dessen der Bediener räumliche Informationen an den Roboter überträgt. Mit Hilfe des Laserpointers kann der Roboter beispielsweise auf einem durch den Laserpointer angedeuteten Weg durch einen Arbeitsraum geleitet werden; alternativ kann ein vom semiautonomen System zu transportierender Gegenstand und/oder ein Ablageort für diesen Gegenstand vom Bediener markiert werden etc. Weiterhin ist in der Gesamtanordnung ein Spracherkennungssystem vorgesehen, mit Hilfe derer vom Bediener gesprochene Anweisungen in vom Roboter interpretierbare Befehle übersetzt werden.

[0003] Die aus dieser Veröffentlichung bekannte Gesamtanordnung soll die räumliche Kommandierung eines semiautonomen Systems in einem Arbeitsraum ermöglichen. Dabei soll der Laserpointer so klein und leicht sein, daß er vom Bediener mühelos mit einer Hand gehalten und bedient werden kann. Weiterhin soll der vom Laserpointer ausgesendete Lichtpunkt für den Benutzer leicht sichtbar und für eine mit dem semiautonomen System verbundenen Kamera leicht detektierbar sein.

[0004] Schwierigkeiten treten allerdings dann auf, wenn die Kommandierung des semiautonomen Systems bei Tageslicht oder in einem hell beleuchteten Umfeld stattfinden soll. In einem solchen Fall kann der Lichtpunkt des Laserpointers nur dann prozeßsicher von der Kamera des semiautonomen Systems erkannt werden, wenn die Intensität des

Lichtpunkts wesentlich höher ist als das Umgebungs-Streulicht. Dies bedeutet, daß die Laserleistung – in Abhängigkeit von der Intensität des Umgebungs-Streulichts – ggf. sehr hoch gewählt werden muß. Dies wiederum hat zur Folge, daß der Leistungsverbrauch des Laserpointers sehr hoch ist, so daß entweder (bei Verwendung kleiner Batterien) die Nutzungsdauer des Systems sehr kurz ist, oder aber (bei Verwendung größerer, langlebigerer Batterien) der Laserpointer für ein handgehaltenes Gerät zu groß und unhandlich wird. Übersteigt die Intensität der Laserleistung einen bestimmten Wert, so darf weiterhin ein solcher Laserpointer nicht mehr in einem von Personen begehbbaren Arbeitsumfeld genutzt werden. Somit ist der aus der oben genannten Veröffentlichung bekannte Gesamtanordnung nicht geeignet, ein semiautonomen System in einem von Menschen begehbbaren Arbeitsumfeld prozeßsicher im Dauerbetrieb zu kommandieren.

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Gesamtanordnung zur Verfügung zu stellen, mit Hilfe derer ein semiautonomen System in einem von Menschen begehbbaren Arbeitsumfeld prozeßsicher kommandiert werden kann. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen aus dem Stand der Technik bekannten Laserpointer in einer solchen Weise weiterzuentwickeln, daß er sich zur Kommandierung eines semiautonomen Systems in einem von Menschen begehbbaren Arbeitsumfeld eignet.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 5 gelöst.

[0007] Danach kommt zur Kommandierung des semiautonomen Systems ein multichromatischer Laserpointer zum Einsatz, der simultan mindestens zwei Lichtstrahlen unterschiedlicher Frequenzen aussendet, wobei die Lichtstrahlen kollinear zueinander ausgesandt werden. Weiterhin ist das semiautonome System an eine Kamera gekoppelt, mit Hilfe derer der Lichtpunkt des Laserpointers detektiert wird und die mit einem Filter versehen ist, das für mindestens eine der Abstrahlfrequenzen des Laserpointers durchlässig ist.

[0008] Die erste Abstrahlfrequenz des Laserpointers liegt vorteilhafterweise im sichtbaren Spektralbereich; selbst wenn die Intensität dieses Strahls vergleichsweise gering ist, ist ein auf dieser sichtbaren Frequenz erzeugter Laserpunkt für den Bediener – auch bei hohem Streulichtanteil – gut erkennbar, weil der Bediener den Laserpointers in seiner Hand ausrichtet und daher eine gute Vorinformation bezüglich der zu erwartenden Auftreffstelle des Laserpunkts hat. Die zweite Abstrahlfrequenz wird – in Abhängigkeit von dem jeweiligen Arbeitsumfeld – zweckmäßigerweise in einem Frequenzbereich gewählt, in dem nur wenig Umfeld-Streulicht vorliegt; das Filter der Kamera wird entsprechend dieser zweiten Abstrahlfrequenz so gewählt, daß es einerseits transparent ist für Strahlung im Bereich der zweiten Abstrahlfrequenz, andererseits aber das Umfeld-Streulicht weitgehend absorbiert. Da das Fremdlicht stark unterdrückt wird, kann der Lichtpunkt, den der Laserpointer auf der zweiten Abstrahlfrequenz erzeugt, prozeßsicher von der Kamera detektiert werden, auch wenn der Laserpointer auf dieser Abstrahlfrequenz nur eine geringe Strahlungsintensität aufweist. Da die beiden Frequenzen kollinear vom Laserpointer abgestrahlt werden, stimmen die Orte der beiden auf diesen Frequenzen erzeugten Laserpunkte überein, so daß der sichtbare Laserfleck unmittelbar Aufschluß gibt über den Ort des auf der zweiten Abstrahlfrequenz erzeugten Laserflecks.

[0009] Alternativ zu der oben beschriebenen Wahl der ersten Abstrahlfrequenz im sichtbaren Bereich kann die erste Abstrahlfrequenz auch in einem anderen Frequenzbereich gewählt werden, wenn beispielsweise der Arbeitsbereich (zumindest lokal) mit einer fluoreszierenden Beschichtung

verschoben ist, welche durch den einfallenden ersten Laserstrahl aktiviert wird; auch dann ist die Auftreffstelle des ersten Laserstrahls nämlich für den Bediener leicht sichtbar. [0010] Die erfindungsgemäße Anordnung, welche einerseits einen multichromatischen Laserpointer, andererseits eine (mittels eines Filters) auf eine spezifische Abstrahlfrequenz des Laserpointers eingestellte Kamera umfaßt, ermöglicht eine prozeßsichere Kommandierung des semiautonomen Systems in einem für Personen begehbaren Arbeitsumfeld: Aufgrund der spezifischen Eigenschaften der beiden Abstrahlfrequenzen kann die Strahlungsleistung des Laserpointers nämlich – wie oben erläutert – auf beiden Frequenzen so gering gewählt werden, daß die Laser-Sicherheitsvorschriften gemäß DIN problemlos erfüllt werden können. Durch geeignete konstruktive Maßnahmen kann der multichromatische Laserpointer so klein und leicht gestaltet werden, daß er vom Bediener in einer Hand gehalten und geführt werden kann. Der Laserpointer weist aufgrund seines kollimierten Strahlengangs auch über große Distanzen hinweg eine hohe Genauigkeit auf. Weiterhin kann der Lichtfleck des Laserpointers auch von mehreren Robotern gleichzeitig detektiert werden, so daß sich die erfindungsgemäße Anordnung zur simultanen Kommandierung mehrerer semiautonomer Systeme eignet.

[0011] Erfindungsgemäß liegt der zweite Strahl des Laserpointers auf einer Wellenlänge im infraroten (IR-)Spektralbereich, welche der doppelten Wellenlänge des sichtbaren ersten Strahls entspricht (siehe Anspruch 5). Dies hat den Vorteil, daß der erste Strahl des Laserpointers durch Frequenzverdopplung des zweiten Strahls erzeugt werden kann. Der Aufbau des Laserpointers gestaltet sich daher besonders einfach: In der Kavität des Laserpointers ist neben dem auf der IR-Frequenz abstrahlenden Lasermedium ein frequenzverdopplender Kristall angeordnet, so daß in der Kavität neben dem IR-Strahl ein kollinear mit diesem verlaufender frequenzverdoppelter Strahl vorliegt. Die Austrittsoptik des Laserpointers ist so gestaltet, daß sowohl der erste (sichtbare) und der zweite (IR-)Strahl in einer gewünschten, mit den Sicherheitsvorschriften vereinbaren, Intensität austreten.

[0012] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält der Laserpointer als Lasermedium einen Nd:YVO<sub>4</sub>-Kristall, dessen Laserwellenlänge (1064 nm) im Nah-IR-Bereich liegt und der mit Hilfe einer Laserdiode (mit Wellenlänge 808 nm) gepumpt wird.

[0013] Als Frequenzverdoppler wird ein KTP-Kristall verwendet, der eine effiziente Frequenzverdopplung der IR-Laserwellenlänge auf eine sichtbare Wellenlänge von 532 nm (d. h. im grünen Spektralbereich) ermöglicht (siehe Anspruch 6). In einem industriellen Arbeitsumfeld ist ein solcher grüner Laserfleck – auch in geringer Intensität – für den Bediener leicht erkennbar.

[0014] Die erfindungsgemäße Anordnung zur Kommandierung eines semiautonomeren Systems mit Hilfe eines multichromatischen Laserpointers kann insbesondere zur Steuerung eines Industrieroboters in einem industriellen Arbeitsumfeld eingesetzt werden (siehe Anspruch 2).

[0015] Zweckmäßigerweise umfaßt die Kommandieranordnung – neben dem Laserpointer zur Übermittlung räumlicher Informationen an das semiautonome System – weitere Hilfsmittel zur Interaktion zwischen Bediener und semiautonomem System. So ist es vorteilhaft, den Laserpointer mit einem Funkwellensender zu versehen, mit Hilfe dessen Signale an einen mit dem semiautonomem System gekoppelten Funkwellenempfänger gesendet werden können (siehe Anspruch 3). Mit Hilfe dieses Funkwellensenders kann der Bediener dem semiautonomem System signalisieren, daß der Laserpointer nun auf einen Bereich im Arbeitsraum gerich-

tet ist, an dem das semiautonome System eine bestimmte Handlung durchführen soll. Das entsprechende Funkwellensignal triggert die Aufnahme eines Bildes des Arbeitsraums durch die Kamera; aus diesem Bild wird dann mit Hilfe eines Bildverarbeitungsprogramms der Laserpunkt identifiziert, dessen Ortskoordinaten an das semiautonome System weitergegeben werden, das dann die geforderte Handlung vollführt.

[0016] Weiterhin umfaßt die Anordnung zweckmäßigerweise eine tragbare Eingabeeinheit, mit Hilfe derer der Bediener Befehle an das semiautonome System absetzen kann (siehe Anspruch 4). Diese Eingabeeinheit kann insbesondere ein handgehaltener Computer mit Touchscreen sein, auf dem der Bediener den gewünschten Befehl auswählen kann. Ein diesem Befehl entsprechendes Signal wird dann vom Computer (über Funk, oder über Datenleitung) an das semiautonome System übermittelt.

[0017] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert; dabei zeigen:

[0018] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Kommandierung eines semiautonomeren Systems in einem Arbeitsraum;

[0019] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen multichromatischen Laserpointers.

[0020] Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein semiautonomes System 1, welches von einem Bediener 2 in einem Arbeitsraum 3 kommandiert wird. Dieser Arbeitsraum 3 kann z. B. eine Arbeitszelle in einem Produktionsumfeld, eine Ent- bzw. Beladestation eines Transportsystems oder auch eine Gefahrenumgebung (wie z. B. ein chemisch verseuchtes Gelände) sein. Unter einem "semiautonomen System" 1 soll im folgenden ein Manipulator, insbesondere ein Roboter 1', verstanden werden, welcher Befehle von einer Bedienperson 2 empfängt und – entsprechend dieser Befehle – bestimmte Handlungen durchführt. Zur Interpretation der Bedienerbefehle und zur Steuerung/Regelung der diesen Befehlen entsprechenden Roboterbewegungen ist das semiautonome System 1 mit einer Recheneinheit 4 versehen. Die interaktive Steuerung des semiautonomeren Systems 1 durch den Bediener 2 erfolgt mit Hilfe einer in Fig. 1 schematisch dargestellten Kommandier-Anordnung 5; diese Anordnung 5 besteht aus mehreren Komponenten, die im folgenden beschrieben werden:

Zur Übermittlung von Befehlen des Bedieners 2 an das semiautonome System 1 umfaßt die Anordnung 5 eine tragbare Eingabeeinheit 6. Im vorliegenden Beispiel ist diese Eingabeeinheit 6 durch einen handgehaltenen Computer 6' mit Touchscreen gebildet, auf dem der Bediener 2 gewisse (voreingestellte) Befehle auswählen kann; die Eingabeeinheit 6 ist mit einem Funksender 7 versehen, mit Hilfe dessen der jeweils angewählte Befehl an einen Funkempfänger 30 übertragen wird, welcher an die Recheneinheit 4 des semiautonomeren Systems 1 gekoppelt ist. Die Recheneinheit 4 interpretiert das empfangene Funksignal und initiiert bzw. steuert die Abarbeitung des entsprechenden Befehls durch das semiautonome System 1.

[0021] Alternativ zu der in Fig. 1 gezeigten Eingabeeinheit 6 in Form eines Computers 6' mit Touchscreen kann die Befehlgebung des semiautonomeren Systems 1 beispielsweise akustisch erfolgen: In diesem Fall werden die Befehle durch den Bediener 2 gesprochen; das semiautonome System 1 ist in diesem Fall mit einem Mikrophon und einem Spracherkennungssystem versehen, das die gesprochene Information in das entsprechende Befehlssignal übersetzt.

[0022] Zur Übermittlung räumlicher Informationen vom Bediener 2 an das semiautonome System 1 umfaßt die erfindungsgemäße Anordnung 5 einen handgehaltenen Laser-

pointer 8. Mit Hilfe dieses Laserpointers 8 kann der Bediener 2 Objektpunkte 9 im Arbeitsraum 3 markieren; zur Erkennung der durch den Laserpointer 8 erzeugten Lichtpunkte 10 im Arbeitsraum 3 ist eine Kamera 11 vorgesehen, mit Hilfe derer der Arbeitsraum 3 (bzw. ein ausgewählter Ausschnitt dieses Arbeitsraums 3) überwacht wird. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist diese Kamera 11 raumfest stationiert. Alternativ zu dieser raumfesten Stationierung der Kamera 11 kann die Kamera auf dem semiautonomen System 1 montiert sein und sich bei Bewegungen des semiautonomen Systems 1 gemeinsam mit diesem bewegen. [0023] Die Meßdaten der Kamera 11 werden über ein Kabel 12 oder berührungsfrei (z. B. über Funk) an die Steuereinheit 4 des semiautonomen Systems 1 übermittelt. Die Steuereinheit 4 enthält ein Bildverarbeitungssystem, mit Hilfe dessen die Kameradaten ausgewertet bzw. interpretiert werden. [0024] Erfindungsgemäß ist der Laserpointer 8 multichromatisch, d. h. er gibt elektromagnetische Strahlung mehrerer verschiedener Wellenlängen ab. Der Aufbau eines erfindungsgemäßen Laserpointers 8, der auf zwei unterschiedlichen Wellenlängen – einer sichtbaren und einer infraroten – abstrahlt, ist in Fig. 2 schematisch dargestellt (wobei die bekannten, zur Strahlführung und -formung notwendigen optischen Elemente wie Linsen etc. aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen sind). Der Laserpointer 8 umfaßt eine Laserkavität 13, in der ein Laserkristall 16 (im vorliegenden Ausführungsbeispiel einen Nd:YVO<sub>4</sub>-Stab mit Laserwellenlänge 1064 nm) angeordnet ist. Als Pumplaser 17 ist eine Laserdioden vorgesehn. Neben dem Laserkristall 16 befindet sich in der Laserkavität 13 weiterhin ein Frequenzverdoppler 18. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist dies ein KTP-Kristall, durch den eine Frequenzverdopplung der IR-Laserwellenlänge von 1064 nm auf eine sichtbare Wellenlänge von 532 nm (d. h. im grünen Spektralbereich) erfolgt; in der Laserkavität 13 liegt somit sowohl die ursprüngliche (IR-) Laserstrahlung als auch die frequenzverdoppelte sichtbare Laserstrahlung vor. Die Laserkavität 13 ist beidseitig durch Spiegel 14, 15 begrenzt, wobei der Austrittsspiegel 15 sowohl für die IR-Laserstrahl 19 (der in Fig. 1 und 2 gepunktet dargestellt ist) als auch für den sichtbaren Strahl 20 halbdurchlässig ist. Neben einer (herkömmlichen) Fokussieroptik ist außerhalb der Laserkavität 13 im Strahlengang ein Austrittsfilter 21 vorgesehn, das als optisches Bandfilter ausgestaltet ist. Austrittsspiegel 15 und Austrittsfilter 21 sind so aufeinander abgestimmt, daß nur gewisse Anteile des IR-Laserstrahls 19 und des sichtbaren Strahls 20 durchgelassen werden; die transmittierten Intensitäten werden so eingestellt, daß die DIN-Anforderungen in bezug auf Lasersicherheit in beiden Frequenzbereichen erfüllt sind. Für die Anwendung des Laserpointers 8 zur Kommandierung eines Industrieroboters 1' in einem industriellen Umfeld hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, die Intensitäten der ausgekoppelten Strahlen 19, 20 so einzustellen, daß beide Strahlen 19, 20 je eine Intensität von 1 mW haben. Der sichtbare (grüne) Laserstrahl 20 entspricht somit Laserklasse 2. Ein mit diesem Laserpointer 8 markierter Objektpunkt 9 im Arbeitsraum 3 ist dann – auch bei hellem Umgebungslicht – für das menschliche Auge gut erkennbar. Da der sichtbare Strahl 20 kollinear zu dem infraroten Strahl 19 verläuft, erfolgt bei einem (versehentlichen) Auftreffen des Laserstrahls 19, 20 auf ein menschliches Gesicht sofort ein Lidschutzreflex, so daß eine Schädigung des Auges aufgrund der IR-Strahlung 19 vermieden wird. Da die beiden Strahlen 19, 20 von derselben Quelle 17 erzeugt worden und der sichtbare Strahl 20 über die Frequenzverdopplung unmittelbar an den IR-Strahl 19 gekoppelt ist, ist dieser Sicherungsmechanismus zu allen Zeiten gewährleistet. Wennim-

mer der Laserpointer einen IR-Strahl 19 abstrahlt, wird auch ein kollinear mit diesem verlaufender sichtbarer Strahl 20 abgestrahlt.

[0025] Aufgrund der Anordnung des Laserkristalls 16 und des Frequenzverdopplers 18 in der Laserkavität 13 verlaufen IR-Laserstrahl 19 und sichtbarer Strahl 20 kollinear, so daß der für den Bediener 2 sichtbare Laserfleck 10 exakt dem IR-Laserfleck 10' entspricht. Die Abstrahlfrequenz des Laserpointers 8 im sichtbaren Teil des Spektrums ermöglicht dem Bediener 2 einerseits, den jeweils markierten Objektpunkt 9 jederzeit zu erkennen; andererseits ermöglicht der kollinear zum sichtbaren Strahl 20 ausgesandte IR-Strahl 19 eine simultane Markierung des Objektpunkts 9 im IR-Bereich.

[0026] Befindet sich der Arbeitsraum 3 in einem hell ausstrahlten Umfeld, so ist dem Strahl 19, 20 des Laserpointers 8 ein hoher Anteil an Störstrahlung überlagert. Um dennoch eine gute Erkennbarkeit des durch den Laserpointer 8 markierten Objektpunkts 9 sicherzustellen, ist die Kamera 11 mit einem Filter 22 versehen, welches transparent ist für die Wellenlänge des IR-Laserstrahls 19, aber störendes Umgebungslicht ausfiltert. Dieses Filter 22 ist vorteilhafterweise speziell auf die IR-Frequenz des Laserpointers 8 abgestimmt, so daß der IR-Laserfleck 10' mit hoher Prozeßsicherheit aus dem Umgebungs-Licht herausgefiltert wird. Die Kamera 11 ist an ein (in der Recheneinheit 4 integriertes) Bildverarbeitungssystem angeschlossen, mit Hilfe dessen die Position des Laserflecks auf dem Kamerabild schnell, einfach und prozeßsicher ermittelt werden kann.

[0027] Der Laserpointer 8 hat etwa die Größe einer Füllfederhalters, hat ein geringes Gewicht und kann daher vom Bediener 2 leicht auf beliebige Raumpunkte ausgerichtet werden. Neben dem bisher beschriebenen Ausführungsbeispiel des multichromatischen Laserpointers 8 mit zwei Abstrahlfrequenzen kann der Laserpointer auch so gestaltet sein, daß er auf drei (oder noch mehr) unterschiedlichen Frequenzen abstrahlt.

[0028] Der Laserpointer 8 der Fig. 1 ist zusätzlich mit einem Funksender 23 versehen, mit Hilfe dessen ein digitales Funksignal an den mit dem semiautonomen System 1 gekoppelten Funkempfänger 30 übersandt werden kann. Dies dient zur Triggerung der Bildaufnahme durch die Kamera 11.

[0029] Im folgenden wird die Bedienung der erfindungsgemäßen Anordnung 5 zur Kommandierung des semiautonomen Systems 1 anhand des schematischen Beispiels der Fig. 1 beschrieben:

Fig. 1 zeigt als konkretes Beispiel des semiautonomen Systems 1 einen Industrieroboter 1', welcher einen Manipulatorarm 24 aufweist. Im Wirkungsbereich des Manipulatorarms 24 befindet sich eine Gitterbox 25, in der mehrere Gegenstände 26 abgelegt sind. Weiterhin befindet sich im Wirkungsbereich des Manipulatorarms 24 ein Ablagebereich 27, auf dem der Manipulatorarm 24 die aus der Gitterbox 25 entnommenen Gegenstände 26 ablegen soll. Die Aufgabe besteht nun darin, den Manipulatorarm 24 auf eine solche Art interaktiv zu kommandieren, daß der Manipulatorarm 24 einen Gegenstand 26 aus der Gitterbox 25 nimmt und an einer bedienergewählten Stelle 28 im Ablagebereich 27 ablegt.

[0030] Der Bediener 2 hält hierfür in seiner einen Hand den handgehaltenen Computer 6' mit Touchscreen, der über Funk mit dem an die Recheneinheit 4 gekoppelten Funkwellenempfänger 30 verbunden ist. In der anderen Hand hält der Bediener 2 den multichromatischen Laserpointer 8.

[0031] Zur Kommandierung des Roboters 1' setzt der Bediener 2 zunächst mit Hilfe des Computers 6' einen Befehl an den Roboter 1' ab (z. B.: "Greife einen Gegenstand aus

der Gitterbox und lege den Gegenstand an der markierten Stelle ab!"); anschließend bzw. gleichzeitig richtet der Bediener 2 den Laserpointer 8 auf die ausgewählte Stelle 28 im Ablagebereich 27, wobei der sichtbare Strahl 20 des Laserpointers 8 dem Bediener 2 genau den Raumpunkt 9 anzeigt, auf den der Laserpointer 8 gerichtet ist. Hat er den Laserpointer 8 auf die gewünschte Stelle 28 ausgerichtet, so drückt der Bediener 2 auf einen Auslöseknopf 29 auf dem Laserpointer 8, wodurch der auf dem Laserpointer 8 angeordnete Funksender 23 ein Funksignal aussendet; dieses Funksignal wird durch den mit der Rechneinheit 4 des Roboters 1' verbundenen Funkempfänger 30 aufgenommen und triggert eine Bildaufnahme durch die (auf den Ablagebereich 27 gerichtete) Kamera 11. Zweckmäßigerweise erhält der Bediener 2 ein akustisches Feedback, wenn der Laserpunkt erkannt wurde. Weiterhin erhält der Bediener 2 eine Rückmeldung darüber, wenn eine Bildaufnahme getriggert wurde, aber kein Laserpunkt von der Kamera 11 erkannt werden konnte (was darauf hindeutet, daß der Laserpunkt außerhalb des Sichtbereichs der Kamera 11 war). Der Bediener 11 kann dann zur Korrektur bzw. Wiederholung der Markierung des gewünschten Ortes aufgefordert werden. Weiterhin ist es vorteilhaft, in der Rechneinheit 4 eine Überprüfung dahingehend vorzunehmen, ob der gewünschte Ablageort, eine markierte Raumnzone etc. zulässig sind und ggf. eine Fehlermeldung für den Bediener 2 auszugeben.

[0032] Da die Kamera 11 - wie oben beschrieben - mit einem IR-Filter 22 versehen ist, wird bei der Bildaufnahme das Umgebungslicht stark unterdrückt, während der durch den IR-Strahl 19 des Laserpointers 8 erzeugte Laserpunkt 10' nahezu ungeschwächt transmittiert wird und daher auf dem Bild klar erkennbar ist.

[0033] Somit kann die Detektion des Laserpunkts 10' auf dem Kamerabild mit Hilfe herkömmlicher Bildverarbeitungsalgorithmen in der Rechneinheit erfolgen. Daraus wird der diesem Bildpunkt entsprechende Raumpunkt berechnet. Somit sind alle dem Bedienerbefehl entsprechenden Prozeßschritte bestimmt: der Manipulatorarm 24 greift nun einen Gegenstand 26 aus der Gitterbox 25 und legt den Gegenstand 26 an der gewünschten Stelle 28 des Ablagebereichs 27 ab.

[0034] Die Berechnung des Raumpunkts 28, an dem der Gegenstand 26 abgelegt werden soll, aus der Bildinformation der Kamera 11 setzt voraus, daß ein eindeutiger Bezug zwischen dem Kamerabild und dem durch die Kamera 11 überblickten Arbeitsraum 3 besteht. Dieser Bezug kann beispielsweise durch eine sogenannte Hand-Eye-Kalibrierung hergestellt werden; bezüglich dieser Art der Kalibrierung wird verwiesen auf die Veröffentlichung "Hand-Eye Calibration Using Dual Quaternions" (K. Daniilidis, International Journal of Robotics Research, Vol. 18, 1999, Seiten 286-298), deren Inhalt hiermit in diese Anmeldung übernommen wird. Alternativ kann der Bezug beispielsweise über das sogenannte "Visual Servoing" hergestellt werden. Diese Methode ist z. B. dargestellt in der Veröffentlichung "A Tutorial on Visual Servo Control" (S. Hutchinson, G. D. Hager, P. I. Corke, IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 12, No. 5, 1996, Seiten 651-670), deren Inhalt ebenfalls in diese Anmeldung übernommen wird.

[0035] Ist der Roboter 1' - wie oben beschrieben - auf einen bestimmten Befehl interaktiv eingelernt worden, so kann der Roboter 1' diesen Vorgang beliebig oft autonom wiederholen. Somit eröffnet die erfindungsgemäße Kommandieranordnung 5 die Möglichkeit, den Roboter 1' von einem Bediener 2 einzulernen, ohne daß der Bediener 2 in den Arbeitsbereich 3 (= Gefahrenbereich) des Roboters 1' hineinreichen bzw. hineintreten muß.

[0036] Mit Hilfe des Laserpointers 8 können einerseits einzelne Objektpunkte 9 im Arbeitsraum 3 markiert werden; dadurch können z. B. Objekte gekennzeichnet werden, welche mit Hilfe des semiautonomen Systems 1 bewegt, bearbeitet etc. werden sollen. Neben dieser der Markierung einzelner Raumpunkte 9 kann der Laserpointer 8 auch zur Markierung ausgewählter Wege, Bereiche etc. im Arbeitsraum 3 verwendet werden. Unterschiedliche Arten der räumlichen Informationsübertragung anhand eines Laserpointers 8 sind beispielsweise in der Veröffentlichung "Integrating a Multimodal Human-Robot Interaction Method Into a Multi-Robot Control Station" (IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2001 IEEE) dargestellt, deren Inhalt hiermit in diese Anmeldung aufgenommen wird.

[0037] Weiterhin ist es möglich, mit Hilfe des Laserpointers 8 Griffpositionen an dem zu manipulierenden Gegenstand 26 zu markieren. Alternativ bzw. zusätzlich können z. B. durch Markierung mehrerer Punkte im Raum auch Vektoren (z. B. Griffrichtungen) angezeigt werden.

[0038] Bisber wurde eine Anordnung 5 beschrieben, in der Bedienerbefehle mit Hilfe von Funksignalen übertragen werden. Alternativ bzw. zusätzlich kann die Befehlsgebung auch durch die menschliche Stimme erfolgen (wobei dies voraussetzt, daß ein System zur Spracherkennung vorgesehen ist).

[0039] Neben der oben beschriebenen Kommandierung des semiautonomen Systems 1, bei der dieses System 1 interaktiv durch den Bediener 2 geführt wird, der dem System 1 - in Abhängigkeit von den jeweils zu bearbeitenden Aufgaben - interaktiv Befehle gibt, kann das semiautonome System 1 auch in einem rechnergestützten Modus betrieben werden. In diesem rechnergestützten Modus empfängt das semiautonome System seine Befehle von einer (in Fig. 1 nicht gezeigten) Kontrollstation, in der ein (fest vorgegebenes) Arbeitsprogramm für das semiautonome System 1 abgelegt ist, welches dann von dem System 1 sequentiell abgearbeitet wird. Neben der rein bedienergesteuerten Kommandierung des semiautonomen Systems 1 und dem rechnergestützten Modus sind Fischformen der Kommandierung möglich, bei denen bestimmte Arbeiten vollautomatisch durchgeführt werden, andere jedoch interaktiv kommandiert werden.

#### Patentansprüche

1. Anordnung zur Kommandierung eines semiautonomen Systems in einem Arbeitsfeld, wobei die Anordnung eine Kamera zur Überwachung des Arbeitsfelds umfaßt, deren Ausgangsdaten dem autonomen System zuleitbar sind, und wobei die Anordnung einen handgehaltenen Laserpointer zur Markierung von Objektpunkten im Arbeitsfeld umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserpointer (8) Strahlung auf mindestens zwei unterschiedlichen Abstrahlungsfrequenzen abstrahlt, und daß die Kamera (11) mit einem Filter (22) versehen ist, das für mindestens eine der Abstrahlungsfrequenzen des Laserpointers (8) durchlässig ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das semiautonome System (1) ein Industrieroboter (1') ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung (5) einen Funkwellenempfänger (30) umfaßt, dessen Ausgangsdaten dem semiautonomen System (1, 1') zuleitbar sind.

und daß die Anordnung (5) einen bedienergesteuerten, auf dem Laserpointer (8) angeordneten Funkwellensender (23) umfaßt.

4. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung (5) eine handgehaltene Eingabeeinheit (6, 6') zur Eingabe von Befehlen an das semiautonome System (1, 1') umfaßt.

5. Laserpointer (8) zur Kommandierung eines semiautonomen Systems (1, 1') in einem Arbeitsfeld (3), welcher einen ersten Strahl (20) auf einer sichtbaren Wellenlänge aussendet, und einen zweiten Strahl (19) auf einer infraroten (IR-) Wellenlänge aussendet, welche der doppelten Wellenlänge des ersten Strahls (29) entspricht, wobei erster und zweiter Strahl (19, 20) kollinear zueinander sind.

6. Laserpointer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserpointer (8) zur Erzeugung des zweiten Strahls (19) einen Festkörper-Laserkristall (16), insbesondere Nd:YVO<sub>4</sub>, enthält, und zur Erzeugung des ersten Strahls (20) einen in der Laserkavität (13) angeordneten Frequenzverdoppler (18), insbesondere einen KTP-Kristall, enthält.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

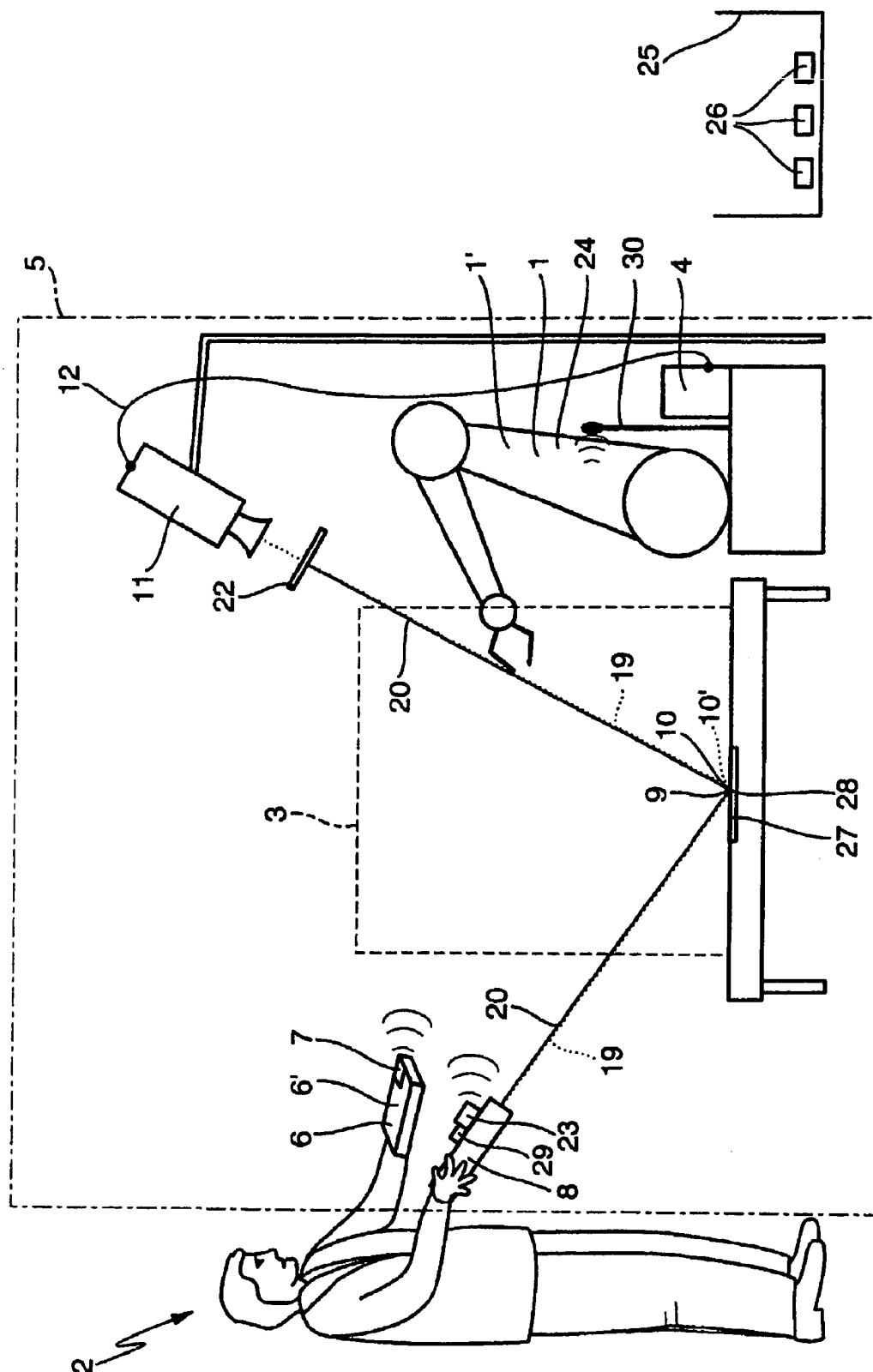


Fig. 1

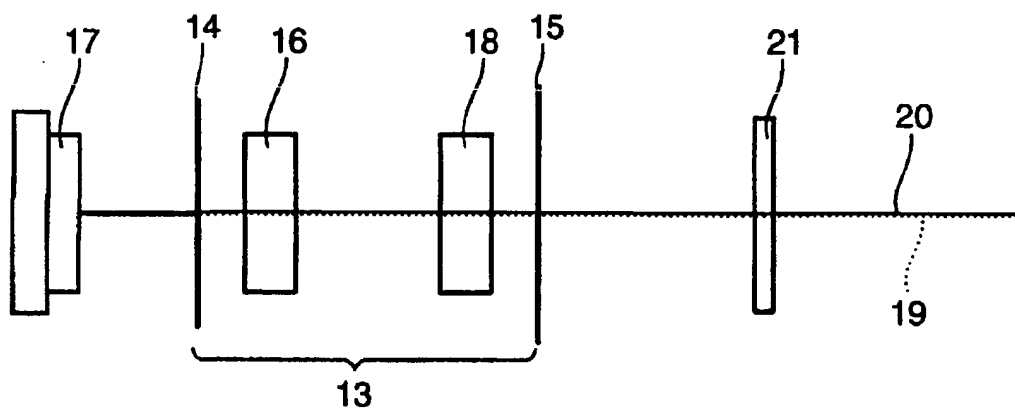


Fig. 2



This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.